

Der virtuelle „ViKar“-Campus: Ein experimenteller Prototyp einer webbasierten dreidimensionalen Mehrbenutzerumgebung

Rainer Kuhn und Sigrún Guðjónsdóttir
Projekt „Virtueller Hochschulverbund Karlsruhe (ViKar)“
Universität Karlsruhe, Fakultät für Informatik
Am Fasanengarten 5, 76131 Karlsruhe
rkuhn@ira.uka.de | sigrun@ira.uka.de

1 EINFÜHRUNG

Die Entwicklung des virtuellen „ViKar“-Campus erfolgt im Rahmen des Projektes „Virtueller Hochschulverbund Karlsruhe“, kurz „ViKar“, einem Verbundprojekt der sechs Karlsruher Hochschulen sowie des in Karlsruhe ansässigen Zentrums für Kunst- und Medientechnologie (ZKM). Das Projekt verfolgt das Ziel, ein Zusatzangebot für die beteiligten Hochschulen und deren Studenten zu entwickeln. Teilziele dabei sind:

- Zusammenarbeit der unterschiedlichen Gruppen der beteiligten Hochschulen
- Aufbau einer angemessenen technischen Infrastruktur innerhalb der Karlsruher Hochschullandschaft
- Entwicklung von modularisierten multimedialen Lehrmaterialien, die wiederverwendet und an unterschiedliche Bedürfnisse angepaßt werden können
- Entwicklung und Evaluation entsprechender didaktischer Methoden
- Erweiterung des Bildungsangebots der beteiligten Hochschulen sowie des Weiterbildungsangebotes im Karlsruher Raum
- Aufbau von Komponenten einer virtuellen Hochschule mit einem hohen Maß an sozialer Interaktivität.

Schließlich sollen die verschiedenen Komponenten in ein übergeordnetes integratives Tragwerk eingehängt werden, den „Virtuellen Campus“, der allen beteiligten Hochschulen und ihren Studierenden zur Verfügung stehen soll.

2 DIE BEDEUTUNG EINES VIRTUELLEN CAMPUS

Fernuniversitäten und vergleichbare Einrichtungen konzentrieren sich gegenwärtig vorrangig auf formale und funktionale Aspekte. Die übliche Präsentationsform eines virtuellen „Campus“ beschränkt sich im allgemeinen auf eine zweidimensionale Website mit einer Grafik oder einer Sammlung von Verweisen (Links) zu den verfügbaren Funktionalitäten.

Mit dem virtuellen „ViKar“-Campus beabsichtigen wir, einen Schritt weiter zu gehen: Die grundsätzliche Motivation besteht darin, einen virtuellen Campus aus Anwendersicht zu entwickeln, der nicht nur alle Funktionalitäten bietet, die die Studierenden brauchen, sondern auch auf deren Bedürfnisse eingeht. Erfahrungen aus dem Betrieb einer großen Hochschul-Fakultät und Umfragen unter Studenten zeigten einen hohen Bedarf an sozialer Interaktivität und die Bedeutung

von psychologischen Kriterien wie Wohlbefinden und Identifikation auf. Folglich reicht es beim Aufbau einer virtuellen Hochschule nicht aus, nur die formalen und funktionalen Gesichtspunkte zu betrachten, sondern es müssen auch soziale und psychologische Aspekte berücksichtigt werden.



Abb. 1: Erste Skizze des „Virtuellen Campus“

Die erste Skizze eines virtuellen Campus (Abb. 1) für das „ViKar“-Projekt zeigte schon die Grundidee, die einzelnen Komponenten einer virtuellen Hochschule (wie z.B. Bibliothek, Verwaltung, Lern-Server etc.) um einen zentralen Kommunikationsbereich herum anzuordnen. Kommunikation und Kooperation sind die Basis für Zusammenarbeit, Wissensaustausch und soziales Lebensumfeld. Eine virtuelle Hochschule sollte deshalb mehr Möglichkeiten als nur textbasierten „Chat“ und „Newsgroups“ anbieten. Auf Basis dieser Überlegungen entstand die Idee, daß der virtuelle Campus als eine Art „Social Interface“ fungieren soll. Über die zentralen Kommunikations- und Kooperationsbedürfnisse hinaus muß der virtuelle Campus den Studenten aber auch die Möglichkeit geben, sich mit ihrer Hochschule zu identifizieren, ähnlich wie ein Hochschulcampus in der Realität. Weiterhin sollte der Campus auch dazu beitragen, die Anonymität des Fernlernens zu überwinden und ein Gemeinschaftsgefühl entstehen zu lassen.

3 ANSATZ UND VORÜBERLEGUNGEN

Ausgehend von den oben genannten Anforderungen, liegt die Notwendigkeit für ein neuartiges Campus-Konzept auf der Hand. Zu diesem Zweck entwickeln wir derzeit einen experimentellen Prototyp einer webbasierten dreidimensionalen Mehrbenutzerumgebung auf Basis der Virtuellen Realität (VR), die mit multimedialen Inhalten und zweidimensionaler Informationsdarstellung sinnvoll kombiniert werden soll. Virtuelle Realität bedeutet in diesem Zusammenhang die dreidimensionale Darstellung einer räumlichen Szene („Welt“), die dem Benutzer freie Navigation und Interaktion in Echtzeit ermöglicht. Eine VR-Mehrbenutzerumgebung ermöglicht die gleichzeitige Anwesenheit mehrerer, durch virtuelle Stellvertreter („Avatare“) repräsentierter Personen in derselben virtuellen Welt. Dabei können die Personen kommunizieren und miteinander interagieren. Eine solche VR-Umgebung ist in höchstem Maße visuell-räumlich orientiert. Sie könnte der sozialen Interaktion im Internet eine neue Dimension erschließen und ist mit Sicherheit ein Vorbote der multimedialen Erfahrungen der Zukunft.

Unser Prototyp soll als Testplattform für die Arbeit in verschiedenen Forschungs- und Entwicklungsbereichen dienen und dabei die Möglichkeit bieten, kontinuierlich neue

Funktionalitäten, die durch den technischen Fortschritt ermöglicht werden, zu integrieren. Die Vision für die nähere Zukunft ist eine mehrbenutzerfähige Kommunikations- und Kooperationsumgebung, die Sprachkommunikation und gemeinsam nutzbare Objekte unterstützt.

Unsere aktuelle Forschungsarbeit konzentriert sich dabei auf die folgenden Schwerpunkte:

- Erforschung von Möglichkeiten und Mehrwert der Virtuellen Realität in Kombination mit Mehrbenutzertechnologien
- Räumliche Strukturen und Gestaltung in virtuellen Umgebungen
- Orientierung und Navigation
- Kommunikation, Kooperation und soziale Interaktion.

3.1 POTENTIAL VON VIRTUELLER REALITÄT UND VR-MEHRBENUTZERSYSTEMEN

Eine der wichtigsten Vorarbeiten für die Entwicklung unseres Ansatzes war die Erforschung des Potentials und des Mehrwertes von Virtueller Realität und von räumlichen Mehrbenutzerumgebungen. Nach intensiver Recherche und Tests auf diesem Gebiet kamen wir zu folgenden Ergebnissen:

- VR-Umgebungen erlauben freie Navigation in einer gewohnt dreidimensionalen Umgebung
- durch das Hinzukommen der visuellen und räumlichen Wahrnehmung werden mehrere Sinne gleichzeitig angesprochen
- während der Benutzer auf unterschiedliche Art und Weise interagiert, bleibt immer der Gesamtkontext erhalten
- VR-Mehrbenutzersysteme bieten völlig neue Möglichkeiten der Kommunikation (z.B. unterstützt durch Sprache und Gestik) und Kooperation (z.B. gemeinsames Arbeiten an einem Objekt)
- durch den Aufbau einer virtuellen Gemeinschaft und das Angebot von verschiedenen Möglichkeiten der sozialen Interaktion können ein sozialer Rahmen gebildet, Anonymität überwunden und Identifikationsmöglichkeiten geschaffen werden
- komplexe Strukturen, Zusammenhänge und Prozesse können z.B. durch interaktive 3D-Modelle besser veranschaulicht und erlebbar gemacht werden
- VR bietet neue Möglichkeiten der Datenvisualisierung und Informationssuche, z.B. räumliche Anordnung von Informationen statt linearer Abfolge, Möglichkeiten der ungezielten Suche („Stöbern“), Navigation durch Informationen usw.

3.2 RÄUMLICHE STRUKTUREN UND GESTALTUNG IN VIRTUELLEN UMGEBUNGEN

Raum, Form und Gestalt haben eine neue Bedeutung im virtuellen Raum, die sich grundsätzlich von den Erfahrungen aus der physischen Realität unterscheidet. Um den veränderten Anforderungen gerecht zu werden, müssen neuartige Konzepte, Strukturen und Metaphern entwickelt werden. Diese sollten auf der einen Seite eine weitgehende Abstraktion ermöglichen, andererseits aber auch in ausreichendem Maße das Assoziationsvermögen des Benutzers ansprechen und ihm Orientierung und Navigation ermöglichen.

In virtuellen Umgebungen können der Realität nachempfundene Objekte und Gebäude zwar der Repräsentation und der Vorab-Orientierung dienen (z.B. für Studenten, die die realen Einrichtungen in naher Zukunft besuchen wollen), im allgemeinen scheint es aber nicht sinnvoll, konventionelle Gebäude mit langen Korridoren, Treppen etc. vorzuhalten, nur um eine bestimmte Information oder Funktionalität zu erreichen. Demzufolge schlagen wir für die Schaffung des „Virtuellen Campus“ eine weitgehende Reduktion auf die Funktionalität durch die Entwicklung einer abstrahierten Raum- und Objektmetaphorik vor. Die räumliche Definition und Begrenzung

erfolgt dabei nicht durch Wände oder Zäune, sondern mittels transparenter linearer Strukturen und Scheiben, Linien, dünner Hüllen oder sogar über die Anwendung, z.B. akustische Wahrnehmung beim Betreten einer ausgewiesenen Zone.

3.3 ORIENTIERUNG UND NAVIGATION

Die Verwendung vieler offener und transparenter Strukturen sichert dem Benutzer ein weiträumiges Blickfeld, was der Orientierung und der Erhaltung eines Gesamtkontextes sehr zuträglich ist. Ebenso sollte auch das Fenster, das die virtuelle Welt anzeigt, etwa dreimal so breit wie hoch dimensioniert sein, um eine Einschränkung des Blickfeldes zu vermeiden und die horizontale Augenbewegung in einer realen Umgebung zu ersetzen.

Um zu vermeiden, daß der Benutzer sich in komplexen virtuellen Welten „verirrt“, sollten darüber hinaus mehr Informationen über Örtlichkeit und Position angeboten werden, als das begrenzte Blickfeld des VR-Fensters zuläßt. Deshalb entwickeln wir eine strukturierte Gesamtübersicht in Form einer zweidimensionalen „Sitemap“, eines Lageplans, der gleichzeitig als Navigationsinstrument und Orientierungshilfe dient (siehe Beschreibung des Prototyps).

3.4 KOMMUNIKATION, KOOPERATION UND SOZIALE INTERAKTION.

Eine gut funktionierende verteilte Kommunikations- und Kooperationsumgebung -die nicht allein durch textbasierten IRC (Internet Relay Chat) und Newsgroups gegeben ist- ist essentiell für eine Virtuelle Hochschule. Deshalb besteht ein zwingender Bedarf an Konzepten für Funktionalitäten und Inhalte, die eine solche Umgebung ermöglichen und mit Leben füllen.

Ein wichtiger Vorteil dreidimensionaler VR-Umgebungen ist die Integration der visuellen Wahrnehmung, die wiederum den Einsatz von Mimik und Gestik sowie den Erhalt des Gesamtkontextes ermöglicht. Fallstudien haben erwiesen, daß sich textbasierter Chat in 3D-Umgebungen bezüglich der visuellen Möglichkeiten der VR-Umgebung als nicht zuträglich erwiesen hat. Obwohl durch die Kommunikation in einer 3D-Umgebung stärkere emotionale Reaktionen hervorgerufen wurden, war es doch nicht zu übersehen, daß der Benutzer einen Großteil seiner Aufmerksamkeit dem Eintippen des Textes und der Verfolgung der Konversation im Chat-Fenster widmen mußte, wobei die visuell orientierte VR-Komponente zwangsläufig vernachlässigt wurde. Dies stellt den Bedarf an synchroner Sprachkommunikation heraus, was sich derzeit aufgrund der Bandbreiten des Internet im größeren Rahmen allerdings noch als Problem darstellt.

Unabhängig von der Art der Kommunikation ist die Vorhaltung eines Chat-Kanals aber nicht ausreichend, um eine sinnvoll nutzbare Mehrbenutzerumgebung zu erschaffen. Eine solche Umgebung muß unterschiedliche Kommunikationsebenen, -bereiche und -mittel mit unterschiedlichen Nutzungsbedingungen anbieten. Neben dem öffentlichen Chatbereich, in dem zufällige Treffen und spontane Kommunikation ermöglicht werden, sollten unterschiedliche orts- oder themenbezogene Diskussionsforen ebenso wie definierte Treffpunkte angeboten werden. Weiterhin muß die Möglichkeit gegeben sein, die Teilnehmer bestimmter Chatkanäle nach unterschiedlichen Kriterien zu selektieren (z.B. räumliche Begrenzung eines Chat-Bereiches oder explizite Einladungen). Auch Individualbereiche, z.B. zur Informationssuche oder für das Lernen, sind vorstellbar.

Um gemeinsames Arbeiten an Objekten und andere Arten der Kooperation zu ermöglichen, ist es darüber hinaus unabdingbar, daß das Mehrbenutzersystem gemeinsam nutzbare, verteilte Objekte unterstützt. Zusätzlich müssen die Veränderungen an Objekten oder der Umgebung persistent sein, so daß sie zu jeder Zeit von jedem anderen Nutzer wahrgenommen werden können.

Neben funktionalen Aspekten sollten aus inhaltlicher Sicht verschiedene Angebote an sozialen und kooperativen Interaktionsmöglichkeiten vorgehalten werden. Dies kann z.B. in Form von virtuellen Veranstaltungen, Ausstellungen, parametrisierbaren Arbeitsräumen, Whiteboards, gemeinsam nutzbaren Präsentations- und Arbeitsmitteln usw. erfolgen. Diese Angebote müssen allerdings auch durch Mittel der sozialen Kontrolle, z.B. Verhaltensregeln oder durch Nutzer oder Administrator einsetzbare Restriktionen (z.B. „Ignore“-Option, Ausschluß aus einer Konversation etc.) unterstützt werden.

4 AKTUELLER PROTOTYP

Der aktuelle experimentelle Prototyp des „Virtuellen Campus“ wurde in VRML 97 (Virtual Reality Modeling Language) entwickelt und kombiniert die dreidimensionale Umgebung mit multimedialen und zweidimensional dargestellten Inhalten wie Textinformation, Audio, Video und Animation. Die virtuelle Welt wurde für den Einsatz in einer Mehrbenutzerumgebung konzipiert und wird derzeit testweise in ein VR-Mehrbenutzersystem implementiert.

Das GUI (Graphical User Interface) des derzeitigen Prototyps gliedert sich in drei Fensterbereiche (Frames) (Abb. 2). Alle Frames stehen in direkter Beziehung zueinander. Im VR-Frame wird die virtuelle Welt dargestellt, hier kann der Benutzer frei navigieren und in Echtzeit mit Objekten interagieren. Während er auf angenehme Weise durch Informationen und Interaktionsmöglichkeiten navigiert, hat er auch die Möglichkeit, andere Personen zu treffen und mit ihnen zu kommunizieren. Infolgedessen soll Interesse für die virtuelle Umgebung geweckt und der Benutzer animiert werden, sich öfter dort aufzuhalten. Der Navigations-Frame bietet eine Orientierungs- und Navigationshilfe anhand einer zweidimensionalen „Sitemap“, die einen strukturierten Überblick über die Welt bietet. Die Sitemap kann einerseits durch Anklicken von bestimmten Bereichen zur direkten Navigation zu bestimmten Objekten benutzt werden oder andererseits eine aktuelle Positionsanzeige bieten. Der größte Fensterbereich wird vom Informations-Frame eingenommen, der Textinformation, Eingabeformulare und beliebige multimediale Inhalte enthalten kann. Je nach Position des Benutzers im VR-Frame werden hier der jeweiligen Komponente zugehörige Informationen oder Funktionalitäten angeboten.



Abb. 2: Fenstereinteilung und zentraler Campusplatz

Die Grundstruktur der virtuellen Welt, eine Kreisform mit sechs radial angeordneten Elementen, wurde vom Logo des „ViKar“-Projektes abgeleitet und steht als Symbol für den Verbund der sechs Karlsruher Hochschulen. Der Kreis wiederum ist in drei Zonen unterteilt. Die innere Zone, der zentrale Kommunikations- und Kooperationsbereich, setzt sich aus einem Campusplatz und verschiedenen, ihn umgebenden Komponenten und „Gebäuden“ zusammen. Der äußere Bereich stellt eine reine Informationszone dar, während die zwischen Innen- und Außenkreis positionierte Mittelzone der themenorientierten Information und der ortsbezogenen Kommunikation dient. Vom Zentrum der gesamten Struktur, dem Campusplatz mit Pyramide (das Wahrzeichen Karlsruhes), führen radial angeordnete Wege in die äußeren Bereiche (Abb.3).

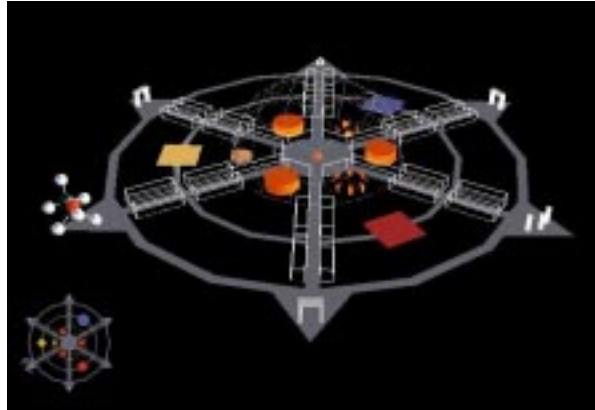


Abb. 3: Grundstruktur der virtuellen Welt

Der zentrale Kommunikations- und Kooperationsbereich der inneren Zone wird von einem Kuppelnetz aus kleinen Punkten überspannt, um die Bedeutung dieses Bereiches zu betonen. Der Campusplatz (Abb. 2) soll den Studenten zufällige Treffen und ungezielte Kommunikation ermöglichen. Die wichtigsten für den Lehr- und Lernbetrieb notwendigen Kommunikations- und Kooperationskomponenten wurden um diesen Platz herum angesiedelt. Derzeit sind folgende Komponenten angedacht:

- ein Seminargebäude, in dem Tutoren und Lehrbeauftragte über ein Formular (Abb. 4) parametrisierbare Räume nach individuellen Vorgaben generieren, mit Ausstattung (Whiteboard, Diaprojektor, Videoleinwand, virtuelle 3D-Objekte) versehen und für Veranstaltungen vorhalten können
- ein Studentenhaus, in dem Studenten Lerngruppen bilden und gemeinsam arbeiten können
- ein Verwaltungsgebäude, in dem alle administrativen Dinge erledigt werden können
- ein Auditorium, in dem sowohl (Präsenz-)Vorlesungen und Vorträge abgehalten wie auch aufgezeichnete Veranstaltungen wiedergegeben werden können
- ein schwarzes Brett, auf dem aktuelle Informationen und Kleinanzeigen aufgehängt und abgerufen werden können
- ein Multimedialabor, in dem aktuelle multimediale Studentenprojekte präsentiert und diskutiert werden können.



Abb. 4: Raumgenerierungs-Formular im Seminargebäude

Durch Anklicken der Pyramide im Zentrum des Campusplatzes gelangt der Benutzer zu einer zweiten, an der Realität orientierten Ebene des virtuellen Campus. Hier finden sich -ähnlich der Struktur der ersten Campusebene- als Endpunkte von sechs Radialstraßen dreidimensionale Modelle der sechs realen Hochschulen, die mit Funktionalitäten bereichert und betreten werden können (Abb. 5). Diese zweite Campusebene dient sowohl der Repräsentation der sechs Hochschulen als auch der Vorab-Orientierung für Studenten, bevor sie die Gebäude der Realität besuchen.



Abb. 5: Virtuelle Repräsentation der Informatikfakultät der Universität Karlsruhe

Die mittlere Campuszone bietet drei durch Form und Farbe unterschiedene Plätze an, die als Diskussionsforen dienen und jeweils mit einem Whiteboard ausgerüstet sind (Abb. 6). Beim Betreten eines Platzes wird zusätzlich im Informations-Frame ein forumsspezifischer Chat-Kanal geöffnet, auf dem sich nur die Personen, die sich auf dem jeweiligen Forumsplatz befinden, unterhalten können. So können sich Studenten dort zu vereinbarten Zeiten treffen und aktuelle Themen erörtern.

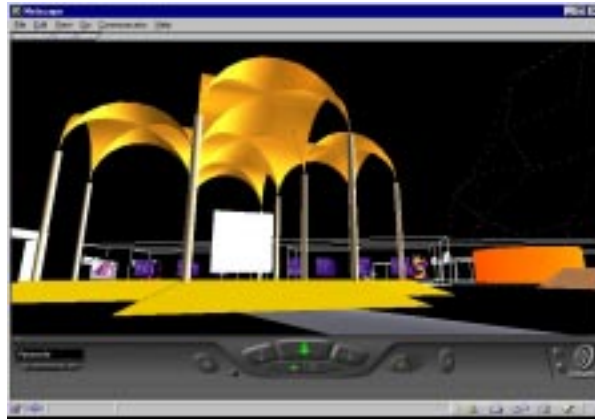


Abb. 6: „Gelber Platz“ (Diskussionsforum) mit Whiteboard

Die vom Zentrum in die Außenbereiche führenden Radialstraßen sind beidseitig von Galeriezonen flankiert, die durch transparente Linienstrukturen räumlich definiert werden. Hier können in stetig wechselnden Ausstellungen Studentenprojekte, Forschungsergebnisse oder Kunst/Kultur angeboten werden. Durch Kombination mit Information oder Funktionalitäten, die bei Annäherung an die Objekte oder Anklicken derselben im Informations-Frame aufrufbar sind, können die Ausstellungen auch interaktiv gestaltet werden. Wechselnde Ausstellungen bieten den Studenten nicht nur neue Information oder Inspiration, sondern ermöglichen auch spontane Kommunikation und motivieren zum Wiederkommen.

Für die Informationszone des äußeren Kreises, die auch ohne Mehrbenutzerfunktionalität funktionieren kann, sind derzeit drei experimentelle Komponenten angedacht, die sich mit drei Ausgängen aus dem virtuellen Campus als Endpunkte der Radialstraßen abwechseln:

- ein dreidimensionaler Wissensbaum, der einen Überblick über die an der virtuellen Hochschule angebotenen Wissensgebiete anbietet
- Schnittstellen zu diversen Suchmaschinen (z.B. Elektronische Bibliothek, Internet und interne Datenbanken)
- ein persönlicher Studienarbeitsplatz, der z.B. Lernfortschrittskontrolle, Adreßverwaltung, Schnittstelle zur Lernumgebung usw. enthalten kann.

5 AUSBLICK

Die in diesem Beitrag angedeuteten Anforderungen an Kommunikations-, Kooperations- und Interaktionsmöglichkeiten können von derzeit verfügbaren Techniken und Systemen nur teilweise erfüllt werden. Es ist aber in absehbarer Zeit mit entsprechendem technischen Fortschritt und neuen Entwicklungen zu rechnen, so daß insbesondere durch höhere Bandbreiten im Internet, bessere Performance der Rechner und ausgefeiltere Lösungen für VR-Mehrbenutzersysteme die Vision eines verteilten, kooperativen und sozial interaktivem „Virtuellen Campus“ mit Sprachkommunikation und gemeinsam nutzbaren persistenten Objekten in greifbare Nähe rückt. Unsere zukünftige Arbeit wird sich neben weiteren Forschungen in bezug auf virtuelle Umgebungen und virtuelle Gemeinschaften auf die Umsetzung von angedachten Ideen, Eigenschaften und Funktionalitäten konzentrieren. Darüber hinaus sollen die Implementierung in ein Mehrbenutzersystem sowie die Integration von bzw. Vernetzung mit anderen Komponenten des „ViKar“-Projektes (z.B. Hochschulverwaltungssystem, elektronische Bibliothek, Lernumgebung)

vorangetrieben werden. Durch begleitende Evaluation und Fallstudien mit Studenten sollen die Ergebnisse überprüft werden, um das Ziel einer ganzheitlichen, integrativen virtuellen Hochschul-Plattform zu erreichen.

REFERENZEN

- [1] Homepage des „ViKar“-Projektes.
<http://vikar.ira.uka.de>
- [2] P. Deussen et al.. Finanzierungsantrag für „ViKar - Virtueller Hochschulverbund Karlsruhe“, Karlsruhe, 1998.
- [3] Homepage der „ViKar“-Themengruppe „Virtueller Campus“.
<http://vikar.ira.uka.de/vcampus/>
- [4] R. Kuhn, S. Guðjónsdóttir. „Virtual Campus Project -A Framework for a 3D Multimedia Educational Environment“, in: „Interactions in Virtual Worlds - Proceedings of the 15th Twente Workshop on Language Technology“, S. 115-124, Universität Twente, Enschede, 1999.
- [5] R. Kuhn. „Virtuelles Institut - Ein multimediales Informationssystem als interaktive Internet-Schnittstelle zwischen Benutzer und Hochschul-Institut“, Universität Karlsruhe, Fakultät für Architektur, Institut für Industrielle Bauproduktion, Diplomarbeit, 1998.
<http://www.ubka.uni-karlsruhe.de/cgi-bin/psview?document=1998/architektur/1>.
[Prototyp: http://ifib41.ifib.uni-karlsruhe.de/lehre/diplom/rainer_kuhn/virtinst/index.htm]
- [6] S. Guðjónsdóttir. „Virtueller Campus“, Universität Karlsruhe, Fakultät für Architektur, Institut für Industrielle Bauproduktion, unveröffentlichte Diplomarbeit, 1999.
[Prototyp: http://ifib41.ifib.uni-karlsruhe.de/lehre/diplom/sigrun_gudjonsdottir/index.html]
- [7] J. Kloss, R. Rockwell, K. Szabó, M. Duchrow. „VRML97“, Addison-Wesley-Longmann Verlag, Bonn, 1998.
- [8] R. Rockwell. „From Chat to Civilization: The Evolution of Online Communities“.
<http://www.blaxxun.com/company/vision/index.html>
- [9] R. Rockwell. „Wanted: Cyberspace Architecture“.
<http://www.blaxxun.com/company/vision/index.html>
- [10] J. Suler. „The Psychology of Cyberspace“, April 1999.
<http://www.rider.edu/users/suler/psycyber/psycyber.html>
- [11] N. Stephenson. „Snow Crash“, Goldmann Verlag, München, 1995.
- [12] Blaxxun Interactive, Firmen-Website.
<http://www.blaxxun.com/>